

REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE TRANSPORTE



INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO DE LAS VIAS UBICADAS EN LOS SECTORES No 1, No 2, No 3, No 4, No 5, No 6 y No 7 EL MUNICIPIO DE URIBIA, EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA, INCLUYE AQUELLAS VIAS DE LAS COMUNIDADES WAYUU QUE RESIDEN EN ZONAS RURALES DISPERSAS, SEGÚN SENTENCIA T 302 DE 2017 EN EL MARCO DE LA DECLARATORIA DE IMPORTANCIA ESTRATEGICA DE LOS PROYECTOS QUE HACEN PARTE DEL PROGRAMA VIAS PARA LA PAZ

LP-DEO-SVR-062-2025

APÉNDICE "N" LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS"

CONTRATO DE OBRA PBLICA

Bogotá, D. C., febrero de 2026

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN **3**
1. OBJETO **4**
2. ALCANCE **4**
3. ÁMBITO DE APLICACIÓN **4**
4. IDENTIFICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS **5**
5. VALIDACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS APLICABLES ¡Error! Marcador no definido.
6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS ¡Error! Marcador no definido.
7. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO **22**
7.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO *24*
7.1.1. HUMEDAD 24
7.1.2. SUBRASANTE 24
7.1.3. TRÁNSITO 26
7.1.4. **PERIODO DE DISEÑO** 26
7.1.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS 27
7.1.6. DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO 34
8. ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS ¡Error! Marcador no definido.
9. RESPONSABILIDADES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD ¡Error! Marcador no definido.
10. RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA ¡Error! Marcador no definido.
11. RESPONSABILIDADES DE LA INTERVENTORÍA ¡Error! Marcador no definido.
12. RESPONSABILIDAD TÉCNICA ¡Error! Marcador no definido.
13. COORDINACIÓN CON OTROS APÉNDICES ¡Error! Marcador no definido.
14. PRELACIÓN Y SANCIONES ¡Error! Marcador no definido.
15. MARCO NORMATIVO ¡Error! Marcador no definido.
16. DISPOSICIONES FINALES ¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en cumplimiento del Decreto 1292 de 2021, tiene la función de Impulsar la innovación y la sostenibilidad por medio de la implementación de nuevas tecnologías, en el marco de sus competencias de formulación, adopción y actualización de la regulación técnica aplicable a la infraestructura de transporte, proponiendo soluciones a las problemáticas del sector. En desarrollo de esta función, la Resolución 2451 de 2022 adoptó las *Especificaciones Generales de Construcción para la Regulación de Nuevas Tecnologías*, reconociendo que los avances en materiales, equipos y técnicas constructivas exigen la actualización de las especificaciones generales de construcción para garantizar la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento. Asimismo, la Resolución 4561 de 2022 adoptó las *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras* como norma técnica aplicable a los proyectos de la Red Vial Nacional, incorporando nuevos artículos y actualizaciones complementarias.

Este apéndice se formula en el marco técnico normativo vigente del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, con el propósito de establecer lineamientos técnicos para la implementación de tecnologías aplicables en las actividades constructivas propias del contrato, durante las etapas de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños y de construcción del contrato de obra pública. La incorporación de nuevas tecnologías se entenderá como una alternativa técnica dentro del marco del contrato, cuya aplicación estará supeditada a la demostración de su viabilidad técnica, económica, ambiental y operativa, y a su compatibilidad con los principios de planeación, economía, responsabilidad y selección objetiva que rigen la contratación estatal.

Lo anterior, considerando que el departamento de La Guajira presenta condiciones geotécnicas, ambientales y logísticas que demandan soluciones técnicas acordes con su realidad territorial y en coherencia con la política de sostenibilidad de la Entidad. En ese sentido, se establecen los criterios técnicos para la identificación, validación, selección, evaluación, diseño e implementación de dichas tecnologías, conforme a los estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad para las vías de bajos volúmenes de tránsito.

Conforme al procedimiento establecido, toda tecnología convencional y/o nueva tecnologías aplicable al proyecto y que se proponga implementar en el contrato de obra pública objeto del presente proceso, deberá someterse previamente al análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental por parte del contratista, contar con la aprobación de la interventoría y aceptada por la Entidad a través del Supervisor del Contrato de Interventoría, sin que dicha aceptación implique la asunción de responsabilidad técnica por parte de la Entidad. En todo caso, la aceptación no exime al contratista de la responsabilidad técnica, constructiva y de desempeño de las soluciones implementadas.

La identificación, evaluación y justificación técnica de las alternativas de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías se constituye en un requisito contractual de obligatorio cumplimiento, orientado a promover la eficiencia y sostenibilidad del proyecto, en coherencia con la política institucional de sostenibilidad del INVIAS. Dicho requisito se entenderá cumplido mediante la identificación, evaluación y justificación técnica de las alternativas aplicables, sin que ello implique la obligación de implementar nuevas tecnologías cuando las soluciones convencionales resulten técnica y económicamente más adecuadas.

Las disposiciones aquí establecidas hacen parte integral del contrato y su inobservancia podrá dar lugar a la aplicación de las medidas previstas en el Manual de Interventoría de Obra Pública vigente.

1. OBJETO

El presente apéndice tiene por objeto establecer los lineamientos técnicos para la identificación, evaluación y eventual implementación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías aplicables a la infraestructura de transporte, en el marco del contrato, con el fin de orientar la adopción de soluciones acordes con las condiciones específicas del proyecto.

Dichos lineamientos comprenden, entre otros aspectos, el uso y aprovechamiento de materiales de sitio o de préstamo, la optimización logística en la cadena de suministro y transporte de materiales, así como otras técnicas que resulten pertinentes, de conformidad con los criterios definidos en el presente apéndice.

2. ALCANCE

Las disposiciones del presente apéndice aplican a las etapas de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños, así como a la etapa de construcción del contrato objeto del presente proceso.

Durante las etapas de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños, el contratista deberá identificar, evaluar y justificar técnicamente la aplicación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías, bajo criterios de viabilidad técnica, económica, ambiental y normativa.

En la etapa de construcción, la eventual implementación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías estará condicionada a la evaluación previa de su viabilidad, al concepto técnico favorable de la interventoría y a la aceptación de la Entidad a través del Supervisor del Contrato de Interventoría, en el marco de sus funciones de supervisión, sin que dicha aceptación implique la asunción de responsabilidad técnica por parte de la Entidad.

En todo caso, la implementación de las tecnologías que resulten aprobadas no exime al contratista de la responsabilidad técnica, constructiva y de desempeño de las soluciones adoptadas.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las disposiciones del presente apéndice aplican a las vías de bajos volúmenes de tránsito, entendidas como aquellas que, de acuerdo con sus condiciones de tráfico y función, se clasifican con una demanda inferior a 0,5 millones de ejes equivalentes de 80 kN (EE 80 kN), conforme a lo establecido en el Artículo 100 (Tabla 100-1) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras vigentes o la norma que la modifique o sustituya.

La aplicación del presente apéndice se realizará sin perjuicio del cumplimiento de los requisitos técnicos, de seguridad vial, ambientales y normativos exigibles al proyecto, y no implica la reducción de los niveles de desempeño, calidad o seguridad establecidos en la normativa vigente.

La clasificación como vía de bajo volumen de tránsito no excluye la consideración de otras condiciones técnicas relevantes del proyecto, tales como las características geotécnicas, ambientales, climáticas, logísticas y territoriales, las cuales deberán ser analizadas en el marco de la evaluación y eventual implementación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías.

4. FASE DE IDENTIFICACIÓN

El presente capítulo propone un marco de referencia para la identificación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías potencialmente aplicables al proyecto, como insumo para las etapas posteriores de evaluación, justificación técnica y eventual implementación, sin que ello implique su adopción automática ni la imposición de soluciones técnicas específicas.

La identificación de alternativas tiene como finalidad contar con el espectro de soluciones técnicamente disponibles, de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto, permitiendo al contratista analizar distintas opciones que puedan contribuir al cumplimiento del objeto contractual, en coherencia con los principios de planeación, economía, responsabilidad y selección objetiva que rigen la contratación estatal.

La identificación de tecnologías no constituye una etapa de selección, ni genera obligación de uso, preferencia o priorización alguna, y deberá entenderse como un ejercicio técnico preliminar que antecede y soporta las decisiones que se adopten en las etapas posteriores del contrato.

4.1 Enfoque general

El proceso de identificación se orienta al aprovechamiento de las alternativas disponibles, priorizando, cuando resulte viable, el uso de:

- materiales de sitio,
- materiales de préstamo debidamente autorizados,
- materiales reciclados y subproductos industriales,

así como a la optimización logística en la cadena de suministro y transporte de materiales, cuando dichas alternativas resulten técnica y normativamente admisibles para el proyecto.

Las alternativas identificadas podrán involucrar el uso de productos convencionales (tales como cemento, cal, emulsiones asfálticas, entre otros) y/o nuevas tecnologías (polímeros, organosilanos, resinas, nanomateriales, agentes iónicos u otros), sin perjuicio de que su viabilidad deba ser demostrada y sustentada en las etapas posteriores de evaluación y justificación técnica.

4.2 Ámbito de las alternativas identificables

Las alternativas podrán ser identificadas, entre otras, para las siguientes actividades constructivas, sin carácter limitativo:

- Terraplenes
- Subrasantes mejoradas
- Capas granulares
- Capas de rodadura

Lo anterior no excluye la identificación de alternativas aplicables a otras actividades del proyecto, siempre que se justifique su pertinencia técnica y normativa en función de las condiciones específicas del contrato.

4.3 Clasificación de las alternativas por función estructural

Para efectos de su organización, las alternativas identificadas se agrupan de acuerdo con su función estructural dentro del sistema de pavimento, sin que ello implique evaluación o selección anticipada.

En este sentido, las alternativas identificables podrán agruparse, de manera referencial, en las siguientes categorías:

a. **Materiales para terraplenes y subrasantes mejoradas:** Incluye suelos naturales, materiales de préstamo y suelos mejorados mediante procesos de estabilización convencionales y/o nuevas tecnologías, así como la incorporación de subproductos industriales o materiales reciclados.

b. **Materiales para capas granulares:** Comprende bases y subbases elaboradas con materiales pétreos naturales o reciclados, tratados o no con estabilizantes, y soluciones de confinamiento o refuerzo estructural.

c. **Materiales reciclados y sostenibles:** Incluye alternativas orientadas a la reducción del impacto ambiental, tales como RAP, RCD, escorias siderúrgicas, cenizas volantes y otros subproductos industriales.

d. **Capas de rodadura:** Comprende tratamientos superficiales, mezclas asfálticas, pavimentos en concreto hidráulico y otras tecnologías aplicables, en función del tránsito, el clima y los objetivos de desempeño del proyecto.

La presente clasificación tiene un propósito exclusivamente organizativo y descriptivo, y no constituye un portafolio de alternativas evaluadas ni un listado de actividades a ejecutar.

4.4 Referencia al estado normativo de las tecnologías identificables

La identificación de tecnologías podrá apoyarse, de manera referencial y no excluyente, en los instrumentos técnicos que relacionan el estado normativo de determinadas tecnologías, sin que ello implique obligación de uso ni exclusión de otras alternativas técnicamente admisibles.

En este sentido, se consideran como insumo orientativo:

- la **Tabla No. 1 – Nuevas tecnologías reguladas**, correspondiente a aquellas que cuentan con Especificación General de Construcción adoptada mediante acto administrativo por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS; y
- la **Tabla No. 2 – Nuevas tecnologías en proceso de regulación**, correspondiente a aquellas que, a la fecha, se encuentran en proceso de regulación por parte del INVIAS.
-

- Tabla No. 1 – Nuevas tecnologías reguladas

Nueva tecnología regulada (Resol. 2451 de 2022)	Artículo EGCC equivalente (Resol. 4561 de 2022)
237-22 Estabilización de suelo con productos químicos no tradicionales	230-22 Mejoramiento de subrasante; 232-22 Estabilización con geotextil; 233-22 Estabilización con geomallas; 235-22 Estabilización con cemento; 236-22 Estabilización con cal
323- Subbase granular con agregado siderúrgico	320-22 Subbase granular; 32122 Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural
418-22 Fibras sintéticas de aramida y poliolefina de refuerzo para mezcla asfáltica	450-22 Mezclas asfálticas en caliente
457- 22 Mezclas asfálticas prefabricadas almacenadas para parcheo de pavimentos asfálticos	450-22 Mezclas asfálticas en caliente; 44022 Mezclas asfálticas en frío
611- 22 Concreto celular para rellenos	220-22 Terraplenes; 311-22 Afirmado; 610-22 Rellenos para estructuras
Prefabricados de concreto reforzado de gran formato	630-22 Concreto estructural
633- 22 Estabilización de taludes con sistema combinado de muro plástico y anclajes	680-22 Muros de tierra estabilizada con paneles de concreto; 68122 Gaviones; 683-22 Muros con geosintéticos
685-22 Bolsas de geotextil gigantes (BGG)	681-22 Gaviones; 68022 Muros con paneles de concreto
686-22 Muro en suelo claveteado con paneles de concreto	681-22 Gaviones; 683-22 Muros con geosintéticos; 68022 Muros con paneles de concreto
687-22 Muros en suelo reforzado	681-22 Gaviones; 683-22 Muros con geosintéticos
702-22 Tachas reflectivas con espigo	701-22 Tachas reflectivas
703-22 Tachas electrónicas solares LED	701-22 Tachas reflectivas
801-22 Cercas y cerramientos con postes ecológicos	800-22 Cercas de alambre
840-22 Obras de ingeniería verde	810-22 Protección vegetal de taludes; 811-22 Control de erosión; 812-22 Recubrimiento de taludes con malla y mortero

850-22 Geobioingeniería	810-22 Protección vegetal; 811-22 Control de erosión; 812-22 Recubrimiento de taludes con malla y mortero; 674-22 Drenes horizontales

- Tabla No. 2 – Nuevas tecnologías en proceso de regulación

No.	Nueva Tecnología	Descripción	Área de aplicación
1	SISTEMAS PARA DRENAJE PLANAR HORIZONTAL EN VÍAS	Geocompuestos de alta capacidad de flujo aun en bajos gradientes, asimismo, se tiene un volumen de vacíos constante para ser usados en condiciones de alto flujo y elevadas presiones. Este desarrollo permite el reemplazo comprobado de capas drenantes en distintas aplicaciones como pavimentos y aplicaciones únicas como barrera capilar, reemplazando volúmenes importantes de material pétreo no renovable (grava), disminuyendo considerablemente los costos ambientales y económicos de los proyectos.	DRENAJES
2	SISTEMA DE BARRERAS MODULARES DE PROTECCION Y DEFENSA	Puentes en Arco en Tubería Corrugada consiste en la unión pernada de placas de acero corrugado con acabado galvanizado que posteriormente se rellena, externamente, con material de suelo seleccionado y compactado. Esta tecnología es modular y por esto su ensamblaje se puede realizar directamente en el sitio de la obra como fuera de la zanja para luego ser izado y colocado en su ubicación final. 6Con las placas se pueden formar diferentes geometrías en función de las necesidades de la 8obra, desde geometrías cerradas como cir9cunferencias o elipses hasta geometrías abiertas como arcos semicirculares o arcos de perfil bajo	GEOTECNIA
3	BASES ESTABILIZADAS CON LIGANTE BITUMINOSO MBL	Bases estabilizadas con ligante bituminoso MBL base estabilizada con residuo industrial bituminoso (rib), para el mejoramiento de vías de bajo tránsito	Estabilización de suelos
4	SISTEMAS TUNÉL LINNER	La tecnología tiene como objeto poder realizar una excavación e ir instalando módulos o anillos, que, a su vez, se conforman por casquetes o láminas metálicas unidas entre sí mediante conexión pernada; dichos anillos tienen una longitud de avance de 0.457m cada uno y las láminas que la conforman varía con relación al diámetro o geometría que se utilice.la excavación se realiza mediante herramientas manuales en suelos de consistencia blanda o de haber presencia de roca, esta se abate mediante la ayuda de herramientas mecánicas, cementos expansivos o explosivos.	DRENAJES
5	PUENTES EN ARCO EN TUBERÍA CORRUGADA	El sistema de paneles estructurales para la construcción de muros de protección y defensa es una estructura reticular de diseño metal mecánico, que tiene como elemento base paneles individuales, que se interconectan en sus costados laterales mediante una unión tipo bisagra, que articula y posibilita el trabajo estructural de todas las piezas de las celdas como un todo.	GEOTECNIA
6	CAPAS DE RODADURA TIPO ULTRADELGADA	tratamiento superficial ultradegado tibio de rápida apertura, es una mezcla asfáltica que se aplica en una capa de 1 cm de espesor y puede abrirse al tráfico en 30 minutos. Es adecuada para su uso en diversas condiciones climáticas y se puede aplicar con equipos convencionales de producción de mezclas asfálticas, incluso de noche. A pesar de su espesor, esta mezcla asfáltica se puede compactar adecuadamente a temperaturas entre 100°C y 140°C.	ASFALTOS
7	LAMIDREN L20DB - DRENAJE DE BANDA LONGITUDINAL PARA VÍAS	El geodrén Lamidren L20DB es un sistema de subdrenaje fabricado con polietileno de alta densidad (PEAD), que cuenta con nódulos de 20 mm de altura y geotextil adherido en ambas caras. Este sistema está diseñado para capturar, conducir y evacuar fluidos a nivel del subsuelo de manera eficiente, especialmente en estructuras viales. Su instalación es sencilla, requiriendo solo la realización de dos brechas laterales de ancho entre 20-30 cm, cuya longitud y profundidad varían según los diseños. Al compararse con un drenaje francés convencional, el uso de esta tecnología permite un ahorro de cerca del 50% en cuanto a utilización y transporte de materiales pétreos.	ESTRUCTURAS Y DRENAJES
8	SUBDRENAJE DE BANDA PARA	Sistema Prefabricado de Subdrenaje especializado para Pavimentos con materiales reciclados no requiere de grava ni tubería perforada de drenaje, ya que mantiene su	ESTRUCTURAS Y DRENAJES

No.	Nueva Tecnología	Descripción	Área de aplicación
	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS	forma, aunque sea sometido a las cargas de suelo permitiendo la rápida y eficiente evacuación del agua	
9	COLCHONES DE CONCRETO ENCAPSULADO	Esta tecnología de alto desempeño ofrece control, corrección, prevención y protección contra la erosión y socavación en estructuras de transporte terrestre y fluvial. Se basa en un sistema de protección permanente que consta de una formaleta flexible tejida en diferentes configuraciones y espesores, concreto de agregado fino inyectado y cables internos de refuerzo de diferentes diámetros y resistencias en el caso de soluciones flexibles. Se puede utilizar en una amplia variedad de estructuras, como puentes, bancos, taludes, canales y ríos navegables, puertos, diques, costas y estructuras de control de inundaciones.	ESTRUCTURAS Y DRENAJES
10	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES QUE CONSISTEN EN POLIESTIRENO EXPANDIDO EPS	La tecnología consiste en reemplazar el lleno compactado de material seleccionado tradicional por bloques de EPS (poliestireno expandido) de alta densidad, especialmente cuando se cuenta con terrenos de poca capacidad portante y/o cuando se requiere optimizar tiempos en la ejecución de las obras, adicionalmente, el poliestireno expandido, para este caso, se considera como amigable con el medio ambiente, puesto que no se descompone químicamente y no es atacado por microorganismos que puedan producir hongos.	GEOTECNIA
11	CANALES CAZ	Se usa para conducir fluidos, líquidos, pueden ser líquidos peligrosos, para evitar que explote o que tenga contacto con peatones o carros y pueda causar algún daño	ESTRUCTURAS Y DRENAJES
12	DETONADOR ELECTRÓNICO EN TÚNELES MONITOREO DE VIBRACIONES EN TIEMPO REAL MODELAMIENTO DE CAMPO CERCANO	Uso de la tecnología brindada por el detonador electrónico con el fin de obtener mejores resultados en las voladuras Sistema de monitoreo de vibraciones y presión de aire 24/7 y en línea, que permite mayor transparencia en la transferencia de datos Estudio que permite determinar el daño que se le genera a la roca producto de las voladuras	OBRAS VARIAS
13	EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA Y ESTADO DE SALUD ESTRUCTURAL DE PUENTES CON SERVICIO EN LA NUBE	Es una compañía de ingeniería estructural especializada en ofrecer servicios para la seguridad y mantenimiento preventivo en puentes e infraestructura, con servicio en la nube, a través de la instrumentación, monitoreo y evaluación estructural en tiempo real.	SISTEMAS DE MONITOREO Y AUTOVIGILANCIA
14	TIERRA VERTEBRADA	Estructura flexible de contención idónea para la ejecución de terraplenes de gran altura. Está constituido en su totalidad por elementos prefabricados de concreto reforzado con acero, los cuales una vez instalados conforman un entramado de retención para contrarrestar los empujes del suelo que actúan contra un paramento vertical de la contención.	GEOTECNIA
15	MONITORIZACIÓN ESTRUCTURAL DE PUENTES CON EL MÉTODO DE EMISIÓN ACÚSTICA	La técnica se basa en la captación de las ondas acústicas provocadas por los defectos de los materiales cuando son sometidos a esfuerzo	SISTEMAS DE MONITOREO Y AUTOVIGILANCIA
16	ESTANDARIZACIÓN Y REGULACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA, ESTRUCTURAL Y AMBIENTAL PARA LA INFRAESTRUCTURA LINEAL	El objetivo general es estandarizar la implementación de instrumentación y monitoreo, fomentando la innovación, la calidad de información de variables críticas para toma de decisiones y contribuir al desarrollo sostenible del transporte en Colombia	SISTEMAS DE MONITOREO Y AUTOVIGILANCIA
17	GEOCELDAS	Materiales de Geoceldas para la estabilización de suelos, capas granulares	MATERIALES
18	RCD	Residuos de Demolición y Construcción- RCD	MATERIALES
19	Rejuvenecedores de Asfalto	Químicos para el uso en mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles	MATERIALES

No.	Nueva Tecnología	Descripción	Área de aplicación
20	Pilotes Prefabricados PHC	Pilotes Prefabricados e hincados para la construcción de cimentación profunda	GEOTECNIA

La inclusión de una tecnología en dichas tablas no implica su adopción obligatoria, ni genera prioridad o preferencia alguna para su utilización en el contrato. De igual forma, la no inclusión de una tecnología en estas tablas no impide su identificación ni su eventual propuesta, siempre que resulte técnica y normativamente admisible para el proyecto.

4.5 Consideraciones sobre tecnologías sin especificación general

Las tecnologías que, al momento de su propuesta formal para evaluación y eventual aplicación en el contrato, no cuenten con Especificación General de Construcción adoptada mediante acto administrativo por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, solo podrán ser consideradas a través de la formulación de una Especificación Técnica Particular, elaborada por el contratista conforme al procedimiento institucional vigente del INVIAS aplicable para tal fin.

Dicha Especificación Técnica Particular deberá contar con el concepto técnico favorable de la interventoría y con la aceptación escrita de la Entidad a través del Supervisor del Contrato de Interventoría, con carácter previo a cualquier implementación en obra.

En el evento en que, durante la ejecución del contrato, una tecnología inicialmente propuesta o aplicada mediante Especificación Técnica Particular sea posteriormente regulada por el INVIAS mediante la adopción de una Especificación General de Construcción, la interventoría podrá requerir la aplicación de dicha Especificación General, siempre que dicha transición resulte técnica y contractualmente procedente, sin afectar la ejecución en curso ni las actividades previamente aprobadas, y previo ajuste de los documentos técnicos que resulten necesarios.

4.6 Responsabilidades

La identificación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías no exime al contratista de la responsabilidad técnica, constructiva y de desempeño de las soluciones que proponga y eventualmente implemente, ni limita las funciones de verificación, control y supervisión a cargo de la interventoría y de la Entidad, conforme a lo establecido en el contrato y en la normativa vigente.

5. EVALUACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El presente capítulo presenta un marco orientador para la evaluación y la justificación técnica de las alternativas identificadas en el Capítulo 4, como una propuesta de referencia para el análisis que deberá adelantar el contratista, con el fin de sustentar la selección de las soluciones a implementar en el proyecto.

Lo aquí dispuesto no constituye una imposición metodológica ni una asunción de responsabilidad técnica por parte de la Entidad, y se entiende sin perjuicio de las obligaciones, responsabilidades y decisiones técnicas que corresponden al contratista, así como de las funciones de verificación, control y aprobación a cargo de la interventoría y de la Entidad.

5.1 Enfoque general de la evaluación

La evaluación de las alternativas identificadas se orienta a analizar, de manera comparativa, las posibles soluciones técnicas aplicables al proyecto, con el fin de sustentar la selección de aquellas que resulten más adecuadas en función de las condiciones específicas del territorio, el tránsito, el clima, la disponibilidad de materiales y los objetivos de desempeño del proyecto.

Este proceso tiene como propósito promover el uso eficiente de los recursos, el aprovechamiento de materiales de sitio o de préstamo debidamente autorizados, la incorporación de materiales reciclados y la aplicación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías, cuando estas demuestren ventajas técnicas, económicas o ambientales frente a soluciones tradicionales. En todo caso, la evaluación de alternativas no implica la obligación de implementar las nuevas tecnologías, ni constituye una imposición técnica por parte de la Entidad.

La evaluación y la correspondiente justificación técnica deberán ser desarrolladas por el contratista, bajo su exclusiva responsabilidad técnica, y estarán sujetas a la revisión, verificación y control por parte de la interventoría, así como a la aceptación de la Entidad, de conformidad con las competencias que le asisten en el marco contractual y normativo aplicable.

Con el fin de orientar el análisis técnico de las alternativas y facilitar su adecuada formulación y justificación, el presente apéndice contiene el Anexo de Lineamientos Técnicos de Diseño, en el cual se desarrollan criterios, metodologías y parámetros técnicos aplicables al diseño de estructuras de pavimento para vías de bajo volumen de tránsito. Dicho anexo tiene carácter orientador y complementario, y su utilización no es obligatoria ni limita la aplicación de otras metodologías o criterios técnicos que el contratista considere pertinentes, siempre que estos se encuentren debidamente sustentados y cumplan con la normativa vigente.

En coherencia con lo anterior, y sin que ello implique selección anticipada ni imposición de soluciones técnicas específicas, se presentan a continuación, en las Tablas No. 3 y No. 4, conjuntos de actividades y posibles aplicaciones tecnológicas asociadas a la conformación de la estructura vial y a las obras de protección e impermeabilización, los cuales se incorporan como insumos técnicos de referencia para apoyar el proceso de evaluación y justificación de alternativas por parte del contratista.

La información contenida en dichas tablas no constituye un listado exhaustivo ni obligatorio, ni limita la identificación, evaluación o justificación de otras alternativas técnicamente viables que resulten pertinentes para las condiciones particulares del proyecto, siempre que estas se encuentren debidamente sustentadas y cuenten con la aprobación correspondiente.

Tabla No. 3. Conjunto de actividades para conformación de terraplenes y subrasantes estabilizadas con productos convencionales y nuevas tecnologías, materiales granulares y capas de rodadura

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
Materiales para terraplenes y subrasante mejorada	Material de préstamo seleccionado	m³	Extracción, transporte y extendido de material granular natural conforme a INVIAS 210-22. Usado en terraplenes y subrasantes mejoradas.	Debe contar con certificación de fuente y ensayo de control de calidad INV E.
	Extensión y compactación de material granular natural	m³	Compactación de capas uniformes de material granular natural en subrasante o subbase sin estabilizar.	
	Estabilización de materiales con cemento	m³	Estabilización de material granular o suelo con adición de cemento según INVIAS 350-22.	Cumplir con lo establecido con el Art. 350-22 o Art. 235-22
	Estabilización de materiales con cal hidratada o viva	m³	Tratamiento de suelos arcillosos con cal viva o hidratada para mejorar plasticidad y resistencia. Aplicable a terraplenes y subrasante.	Art. 236-22.
	Estabilización de materiales con emulsión asfáltica	m³	Uso de emulsión asfáltica tipo CSS-1h o CRS-2 para base o subbase estabilizada. Mejora cohesión y flexibilidad.	Referenciar Art. 340-22 y Especificación general o particular de Materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica
	Estabilización de materiales con emulsiones enzimáticas (Tipo 1)	m³	Aplicación de polímeros acrílicos o vinílicos conforme al Art. 237-22, que generan unión molecular en los finos del suelo, aumentando resistencia y durabilidad.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con materiales puzolánico (Tipo 2)	m³	Aditivo orgánico proveniente de la industria papelera, que mejora cohesión y reduce erosión superficial.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Polímeros y organosilanos (Tipo 3)	m³	Enzimas que modifican la estructura interna de las partículas finas aumentando su densidad y capacidad portante.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Sales Inorgánicas (Tipo 4)	m³	Uso de productos iónicos que reducen la capacidad de absorción de agua de suelos arcillosos.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con	m³	Agentes que actúan como selladores moleculares reduciendo	Art. 237-22 (INVIAS)

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	Aceites sulfonados – sales orgánicas (Tipo 5)		permeabilidad y mejorando durabilidad.	
	Geoceldas rellenas con material de sitio,	m²	Estructuras tridimensionales de polímeros geosintéticos (geoceldas) que se llenan con material de sitio o suelos marginales estabilizados, para mejorar la capacidad de carga, confinamiento lateral y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
Materiales para capas granulares	Material de préstamo seleccionado	m³	Extracción, transporte y extendido de material granular natural conforme a INVIAS 210-22. Usado en terraplenes y subrasantes mejoradas.	Debe contar con certificación de fuente y ensayo de control de calidad INV E.
	Estabilización de materiales con cemento	m³	Estabilización de material granular o suelo con adición de cemento según INVIAS 350-22.	Cumplir con lo establecido con el Art. 350-22 o Art. 235-22
	Estabilización de materiales con cal hidratada o viva	m³	Tratamiento de suelos arcillosos con cal viva o hidratada para mejorar plasticidad y resistencia. Aplicable a terraplenes y subrasante.	Art. 236-22.
	Estabilización de materiales con emulsión asfáltica	m³	Uso de emulsión asfáltica tipo CSS-1h o CRS-2 para base o subbase estabilizada. Mejora cohesión y flexibilidad.	Referenciar Art. 340-22 y Especificación general o particular de Materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica
	Estabilización de materiales con emulsiones enzimáticas (Tipo 1)	m³	Aplicación de polímeros acrílicos o vinílicos conforme al Art. 237-22, que generan unión molecular en los finos del suelo, aumentando resistencia y durabilidad.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con materiales puzolánico (Tipo 2)	m³	Aditivo orgánico proveniente de la industria papelera, que mejora cohesión y reduce erosión superficial.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Polímeros y	m³	Enzimas que modifican la estructura interna de las partículas finas aumentando su densidad y capacidad portante.	Art. 237-22 (INVIAS)

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	organosilanos (Tipo 3)			
	Estabilización de materiales con Sales Inorgánicas (Tipo 4)	m³	Uso de productos iónicos que reducen la capacidad de absorción de agua de suelos arcillosos.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Estabilización de materiales con Aceites sulfonados – sales orgánicas (Tipo 5)	m³	Agentes que actúan como selladores moleculares reduciendo permeabilidad y mejorando durabilidad.	Art. 237-22 (INVIAS)
	Geoceldas rellenas con material de sitio	m²	Estructuras tridimensionales de polímeros geosintéticos (geoceldas) que se llenan con material de sitio o suelos marginales estabilizados, para mejorar la capacidad de carga, confinamiento lateral y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
	Material granular con RAP	m³	Combinación de material granular con RAP (15–50%), aportando cohesión y reduciendo uso de material virgen.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
	Material granular con RCD procesado	m³	Uso de agregados reciclados de RCD clasificados y triturados. Control de plasticidad, tamaño máximo y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
	Material granular estabilizada con mezcla suelo-cemento-RAP	m³	Mezcla de suelo local, RAP y cemento (2–4%) para capas estructurales de alta capacidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
	Geoceldas rellenas con material de sitio, RCD, RAP	m²	Estructuras tridimensionales de polímeros geosintéticos (geoceldas) que se llenan con material de sitio, RAP, RCD o	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
			suelos marginales estabilizados, para mejorar la capacidad de carga, confinamiento lateral y durabilidad.	
	Material granular con RAP	m³	Combinación de material granular con RAP (15–50%), aportando cohesión y reduciendo uso de material virgen.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
	Material granular con RCD procesado	m³	Uso de agregados reciclados de RCD clasificados y triturados. Control de plasticidad, tamaño máximo y durabilidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares.
	Material granular estabilizada con mezcla suelo-cemento-RAP	m³	Mezcla de suelo local, RAP y cemento para capas estructurales de alta capacidad.	Cumplir con los documentos técnicos, especificaciones generales y particulares. Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos - RAP
Capas de rodadura	Tratamiento Superficial Simple o Doble	m²	Aplicación de una o dos capas de ligante asfáltico con aplicaciones de agregado pétreo, según el Art. 430-22 de las EGCC. Permite una rodadura económica y adecuada para vías de bajo tránsito.	Art. 430-22
	Lechada asfáltica	m²	También llamado Slurry Seal, consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, según el Art. 433-22 de las EGCC. Permite una rodadura económica y adecuada para vías de bajo tránsito.	Art. 433-22

Capitulo	Actividad	Unidad	Descripción técnica	Observaciones
	Mezcla Asfáltica Densa en Caliente	m³	Mezcla elaborada con agregados triturados y ligante asfáltico convencional o modificado, según el Art. 450 de las EGCC. Su aplicación ofrece una superficie de rodadura de alta durabilidad, puede ser modificada con GCR, polímeros, o fibras	Art. 450-22
	Concreto Hidráulico para Pavimentos	m³	Capa estructural rígida conformada por concreto hidráulico, según el Art. 500 de las EGCC. Puede incluir cementos con adiciones minerales o fibras de refuerzo.	Art. 500-22

Tabla 4. Conjunto de actividades para recubrimientos e impermeabilización de terraplenes

Capitulo	Actividad / Material	Unidad	Observaciones
Recubrimientos e Impermeabilización de Terraplenes	Protección Vegetal de Taludes	m^2	Articulo 810 -22
	Protección de Taludes con Productos Enrollados para el control de erosión	m^2	Articulo 811 -22
	Obras de ingeniería verde	m^2	Articulo 840 -22
	Geobioingeniería	m^2	Articulo 850 -22

5.2 Formulación de alternativas

Para las actividades constructivas del proyecto, el contratista deberá formular y analizar diferentes alternativas que resulten aplicables a las condiciones del contrato.

Como referencia general, para cada actividad se propone evaluar un conjunto de alternativas técnicas, incluyendo, cuando sea viable:

- soluciones con materiales convencionales;
- soluciones que incorporen nuevas tecnologías;
- alternativas que prioricen el uso de materiales de sitio, de préstamo autorizados o materiales reciclados;
- opciones que optimicen la logística de suministro y transporte de materiales.

En aquellos casos en que no sea posible evaluar múltiples alternativas para una actividad específica, el contratista deberá justificar técnica y documentalmente las razones que lo impiden, exponiendo las limitaciones

técnicas, económicas, ambientales o normativas identificadas. Dicha justificación estará sujeta a la revisión de la interventoría y a la aceptación de la Entidad.

5.3 Criterios orientadores de evaluación

Se propone que la evaluación de alternativas se desarrolle a partir de criterios, que permitan comparar de manera objetiva las opciones analizadas y sustentar técnicamente las decisiones adoptadas.

Como referencia, se sugieren considerarse, entre otros, los siguientes criterios:

- **Viabilidad técnica:** compatibilidad con las condiciones geotécnicas, climáticas y de tránsito; comportamiento estructural esperado; cumplimiento de las normas técnicas aplicables.
- **Viabilidad económica:** costos directos de ejecución, costos asociados al transporte y suministro de materiales, y costos de mantenimiento durante la vida útil.
- **Disponibilidad de materiales:** existencia de fuentes confiables de suministro, continuidad en el abastecimiento y viabilidad logística.
- **Sostenibilidad ambiental:** reducción del consumo de materiales vírgenes, aprovechamiento de residuos, huella de carbono y afectaciones ambientales.
- **Desempeño y durabilidad:** vida útil esperada, resistencia al deterioro y comportamiento frente a condiciones de servicio.

La metodología de evaluación, así como los resultados obtenidos, deberán quedar debidamente documentados como soporte técnico del proceso.

5.4 Justificación de la alternativa seleccionada

Con base en los resultados de la evaluación, el contratista deberá sustentar técnicamente la alternativa seleccionada para cada actividad, demostrando su pertinencia frente a las condiciones específicas del proyecto.

La justificación técnica deberá incluir, como mínimo:

- la descripción de la alternativa seleccionada;
- el análisis comparativo frente a las alternativas evaluadas;
- la sustentación técnica, económica y ambiental;
- la estimación de cantidades de obra y el análisis de precios unitarios;
- la referencia a normas técnicas aplicables, especificaciones generales o especificaciones técnicas particulares, según corresponda.

Toda justificación deberá estar respaldada por los documentos técnicos que resulten pertinentes.

5.5 Revisión, aprobación y trazabilidad

Las alternativas evaluadas y la justificación técnica presentada deberán ser revisadas por la interventoría, quien verificará su coherencia técnica, su consistencia y su cumplimiento normativo.

La implementación de cualquier alternativa estará condicionada a la aprobación de la interventoría y a la aceptación formal de la Entidad, a través del Supervisor del Contrato de Interventoría.

Las decisiones adoptadas deberán quedar debidamente incorporadas en los estudios, diseños o sus ajustes, garantizando la trazabilidad técnica y documental del proceso de evaluación y selección de alternativas.

6. IMPLEMENTACIÓN

6.1 Consideraciones generales

La implementación de tecnologías convencionales y/o nuevas tecnologías dentro del marco del presente contrato se concibe como una etapa posterior y condicionada al proceso de identificación, evaluación y justificación técnica desarrollado previamente, y deberá realizarse únicamente cuando la alternativa seleccionada haya demostrado su viabilidad técnica, económica, ambiental y normativa para las condiciones específicas del proyecto.

El presente capítulo establece lineamientos orientadores para la implementación de dichas alternativas, con el propósito de asegurar que su aplicación se realice de manera controlada, documentada y coherente con el alcance contractual, sin que ello implique la imposición de soluciones técnicas específicas ni la adopción automática de tecnologías determinadas.

En todo caso, la implementación de cualquier alternativa tecnológica será responsabilidad exclusiva del contratista, sin perjuicio de las funciones de verificación, control y supervisión a cargo de la interventoría y de la Entidad.

6.2 Condiciones previas para la implementación

La implementación de una alternativa tecnológica, convencional y/o nueva tecnología, estará supeditada al cumplimiento previo, como mínimo, de las siguientes condiciones:

a. Evaluación y justificación técnica aprobada, conforme a lo establecido en el capítulo correspondiente del presente apéndice.
b. Disponibilidad normativa, de acuerdo con uno de los siguientes escenarios: Tecnologías reguladas mediante Especificaciones Generales de Construcción adoptadas por el INVIAS. Tecnologías no reguladas, implementables mediante Especificación Técnica Particular, formulada conforme al procedimiento institucional vigente del INVIAS.
c. Concepto técnico favorable de la interventoría, en el cual se verifique la coherencia de la alternativa con los estudios y diseños del proyecto y con las condiciones contractuales.
d. Aceptación escrita de la Entidad, a través del Supervisor del Contrato de Interventoría, previa a cualquier inicio de actividades en obra.

El cumplimiento de estas condiciones no exime al contratista de obtener los permisos, licencias o autorizaciones ambientales, técnicas o administrativas que resulten aplicables según la normativa vigente.

6.3 Seguimiento, control y responsabilidades

Durante la implementación de las alternativas tecnológicas aprobadas, el contratista deberá garantizar:

- El cumplimiento estricto de las condiciones técnicas aprobadas.
- La ejecución de los controles de calidad definidos.
- El registro y documentación de las actividades ejecutadas.
- La atención oportuna de las observaciones formuladas por la interventoría.

La interventoría ejercerá las funciones de seguimiento y control, verificando la correcta aplicación de la alternativa seleccionada y el cumplimiento de la normativa y de los documentos contractuales.

La implementación de nuevas tecnologías no modifica ni limita la responsabilidad técnica, constructiva, ambiental y de desempeño del contratista, ni las competencias de control y supervisión de la interventoría y de la Entidad.

7. DISPOSICIONES FINALES, RESPONSABILIDADES Y MARCO APLICABLE

7.1 Responsabilidades ambientales y de seguridad

El desarrollo de las actividades asociadas a la identificación, evaluación, justificación técnica e implementación de alternativas tecnológicas deberá realizarse en cumplimiento de la normativa ambiental vigente y de las disposiciones aplicables en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Cuando en el marco del contrato se proponga o utilice material recuperado de pavimentos asfálticos (RAP), el contratista deberá observar las directrices contenidas en la *Cartilla de buenas prácticas para el manejo y uso del material recuperado de pavimentos asfálticos – RAP*, así como las demás normas que regulen su aprovechamiento, con el fin de promover la reducción de impactos ambientales y el fortalecimiento de la economía circular.

En todo caso, para cada alternativa tecnológica evaluada o implementada, el contratista deberá identificar los riesgos ambientales y de seguridad asociados, y definir las medidas de prevención, control y mitigación que resulten pertinentes, garantizando condiciones seguras para los trabajadores, los usuarios de la vía y el entorno.

7.2 Responsabilidades del contratista

El contratista es responsable de la formulación, evaluación, justificación técnica e implementación de las alternativas tecnológicas que proponga en el marco del contrato, de conformidad con las condiciones técnicas, geográficas, climáticas, logísticas y operativas del proyecto.

En desarrollo de lo anterior, el contratista deberá, entre otros aspectos:

a. Sustentar técnicamente las alternativas propuestas, demostrando su viabilidad, pertinencia y coherencia con las condiciones específicas del proyecto.
b. Garantizar el cumplimiento de las normas técnicas aplicables, los criterios de desempeño exigidos y los procedimientos de control de calidad correspondientes.
c. Documentar de manera suficiente y trazable los estudios, análisis, ensayos, memorias técnicas, resultados de implementación e indicadores de desempeño, cuando a ello haya lugar, como soporte del proceso técnico adelantado.

Lo anterior se entiende sin perjuicio de las demás obligaciones contractuales y legales a cargo del contratista.

7.3 Responsabilidades de la interventoría

La interventoría ejercerá las funciones de verificación, control y seguimiento que le correspondan, revisando la coherencia técnica, el cumplimiento normativo y la consistencia de las propuestas presentadas por el contratista en relación con las alternativas tecnológicas evaluadas o implementadas.

La interventoría emitirá los conceptos técnicos que resulten procedentes y verificará que las decisiones adoptadas cuenten con el soporte técnico correspondiente, en el marco de las competencias que le son propias y conforme a lo establecido en el contrato de interventoría.

7.4 Responsabilidad técnica y asignación de riesgos

La aceptación, aprobación o no objeción por parte de la interventoría o de la Entidad respecto de las alternativas tecnológicas propuestas o implementadas no exime al contratista de la responsabilidad técnica por el desempeño, estabilidad, durabilidad y calidad de las soluciones adoptadas.

El contratista asumirá los riesgos derivados de la selección, formulación y aplicación de las alternativas tecnológicas que proponga, y responderá por la integridad de las obras ejecutadas conforme a las especificaciones técnicas contractuales y la normativa aplicable, sin perjuicio de las funciones de control y verificación a cargo de la interventoría y de la Entidad.

7.5 Articulación con otros documentos contractuales

Las disposiciones del presente apéndice deberán interpretarse y aplicarse de manera armónica con los demás documentos contractuales, incluidos los apéndices de carácter ambiental, social, predial y aquellos que resulten

aplicables, garantizando la coherencia técnica y la trazabilidad de las decisiones adoptadas durante la ejecución del contrato.

7.6 Prelación normativa y efectos contractuales

El presente apéndice forma parte integral del contrato y se aplicará conforme a su naturaleza técnica y orientadora. En caso de discrepancia entre lo aquí dispuesto y lo establecido en el pliego de condiciones, el contrato o sus anexos, prevalecerán las disposiciones contractuales de superior jerarquía.

El incumplimiento de las obligaciones contractuales que resulten aplicables dará lugar a las consecuencias previstas en el contrato y en la normativa vigente, conforme a los procedimientos establecidos por la Entidad.

7.7 Marco normativo de referencia

Las disposiciones contenidas en el presente apéndice se soportan, entre otras, en las siguientes normas y documentos de referencia, sin que su mención implique limitación a la aplicación de otras disposiciones vigentes:

- Ley 1955 de 2019, artículo 173.
- Decreto 1292 de 2021.
- Resolución 1536 de 2022 – INVIAS.
- Resolución 2451 de 2022 – INVIAS.
- Resolución 3920 de 2024 – INVIAS.
- Resolución 412 de 2020 – Ministerio de Transporte.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras vigentes.
- Demás normas técnicas, ambientales y contractuales aplicables.

7.8 Actualización normativa y disposiciones finales

En el evento en que, durante la ejecución del contrato, se expidan nuevas disposiciones normativas o se actualicen las Especificaciones Generales de Construcción que incidan en las tecnologías reguladas o en proceso de regulación, dichas disposiciones serán aplicables en los términos que establezca la normativa correspondiente y conforme a su incorporación formal en los estudios y diseños, sin efectos retroactivos sobre actividades previamente ejecutadas o aprobadas.

Cualquier diferencia en la interpretación del presente apéndice será resuelta por la Entidad, de conformidad con la normativa vigente y los principios que rigen la contratación estatal.

ANEXO

LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO PARA VÍAS DE BAJOS VOLUMENES DE TRÁNSITO

INTRODUCCIÓN

El presente anexo se incorpora como un insumo técnico de carácter orientador, destinado a servir como referencia para la toma de decisiones durante las fases de revisión, ajuste o actualización de los estudios y diseños y, cuando resulte pertinente, durante la etapa de construcción de las vías incluidas en el contrato objeto del presente proceso.

Su contenido se apoya en las alternativas identificadas y evaluadas conforme a lo dispuesto en el Capítulo 5 del presente documento, así como en las condiciones geotécnicas, ambientales y logísticas propias del departamento de La Guajira, las cuales hacen pertinente la consideración de soluciones técnicas adaptadas a su contexto territorial, en coherencia con la política institucional de sostenibilidad del Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Lo aquí consignado no constituye una metodología obligatoria, ni sustituye las disposiciones contenidas en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS ni en la normativa técnica vigente, ni limita la responsabilidad técnica del contratista en la definición, justificación y adopción de las soluciones de diseño que finalmente sean seleccionadas para el proyecto.

ENFOQUE TÉCNICO GENERAL

Como referencia técnica, el enfoque de diseño que se describe en el presente anexo prioriza la consideración del aprovechamiento de materiales locales y de sitio, promoviendo su posible estabilización mediante tecnologías convencionales (cemento, cal, emulsiones asfálticas, entre otros) y, cuando resulte técnica y normativamente viable, mediante nuevas tecnologías (polímeros, organosilanos, resinas, nanomateriales y agentes iónicos, entre otros).

De igual forma, se contempla la posible incorporación de materiales reciclados provenientes de procesos constructivos o de mantenimiento vial, tales como RAP, RCD y subproductos industriales, como alternativas que pueden contribuir a la optimización de recursos, al fortalecimiento de la economía circular y a la sostenibilidad técnica y ambiental de las soluciones constructivas.

La eventual aplicación de estas alternativas deberá estar sustentada en los análisis técnicos correspondientes y sujeta a los procesos de evaluación, justificación, revisión y aprobación definidos contractualmente.

METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

El presente apartado define la metodología de diseño de pavimentos para carreteras con bajos niveles de tránsito – NT1, cuyo número de ejes simples acumulados en el periodo de diseño – NESE es menor que 0.5 millones.

En los numerales subsiguientes se establecen los parámetros a considerar en el diseño.

HUMEDAD

Para bajos volúmenes de tránsito, el diseño debe considerar cada uno de los siguientes factores para asegurar, en la forma más realista posible, que las pruebas de capacidad de soporte de la subrasante sean realizadas con un contenido de humedad que represente las condiciones de servicio:

- La clasificación climática, según el Índice de Thornthwaite (Invías, 2008);
- La susceptibilidad del suelo frente a variaciones de humedad;
- La permeabilidad de la superficie de rodadura;
- La permeabilidad relativa de las capas del pavimento;
- El revestimiento o no de las bermas;
- El tipo de vegetación en separadores o taludes;
- La sección transversal (corte o relleno);
- La profundidad del nivel freático;
- La provisión de subdrenaje (subdrenes, capas drenantes, etc.) y;
- El drenaje superficial (efectividad de cunetas, alcantarillas, zanjas de coronación, etc.).

SUBRASANTE

Para este tipo de pavimentos, es posible utilizar información de referencia o correlaciones entre las propiedades mecánicas de los materiales. En consecuencia, las propiedades mecánicas de la subrasante pueden ser evaluadas mediante ensayos de capacidad de soporte – CBR.

Para el diseño mecánico–empírico de las estructuras, se utiliza la siguiente ecuación como correlación entre la capacidad de soporte y el módulo resiliente de la subrasante (NCHRP, 2004):

$$E_s = 17.6 \cdot CBR^{0.64}$$

Donde:

E_s: módulo de la subrasante, MPa

CBR: capacidad de soporte de la subrasante, %

Mejoramiento de la subrasante

Cuando la propiedad mecánica de la subrasante (Es) sea menor que 30 MPa, o su equivalente en términos de CBR, es necesaria la construcción de una capa de mejoramiento mecánico para la obtención de la plataforma constructiva de las capas y de largo plazo para el pavimento. La

Tabla 1 contiene los espesores y CBR de granular (hg, CBRg) necesarios para la obtención del CBR equivalente de la plataforma (CBRe) en función del CBR del suelo de subrasante (CBRs).

Este procedimiento puede ser utilizado cuando se requiera calcular el módulo equivalente sobre un terraplén, ingresando con la altura de relleno/granular y el CBR de la subrasante para obtener el CBR equivalente.

Tabla 1. Espesores para mejoramiento de la subrasante

CBR equivalente, CBRe (%)	CBR de la subrasante, CBRs (%)	CBR del material granular CBRg, %					
		5	10	15	20	30	50
		Espesor del material granular hg (mm)					
3	0.5	0.5	750	500	450	400	350
	1.0	1.0	650	400	350	300	250
	1.5	1.5	550	300	250	—	—
	2.0	2.0	400	—	—	—	—
5	0.5	—	700	600	550	450	400
	1.0	—	650	500	450	400	300
	1.5	—	600	450	400	350	250
	2.0	—	550	400	350	300	—
	3.0	—	400	300	250	—	—
	4.0	—	250	—	—	—	—
7	0.5	—	850	700	650	550	450
	1.0	—	800	650	600	500	400
	1.5	—	800	600	550	450	350
	2.0	—	750	550	500	400	300
	3.0	—	700	500	400	300	250
	4.0	—	600	400	300	250	—
	5.0	—	450	300	—	—	—
10	0.5	—	—	850	750	650	550
	1.0	—	—	800	700	600	500
	1.5	—	—	800	700	550	450
	2.0	—	—	750	650	500	400
	3.0	—	—	700	600	450	350
	4.0	—	—	650	550	400	300
	5.0	—	—	600	450	350	250
	7.0	—	—	450	300	—	—
15	0.5	—	—	—	900	750	650
	1.0	—	—	—	850	750	600
	1.5	—	—	—	850	700	550
	2.0	—	—	—	850	700	550
	3.0	—	—	—	800	650	500
	4.0	—	—	—	800	600	450
	5.0	—	—	—	750	550	400

CBR equivalente, CBRe (%)	CBR de la subrasante, CBRs (%)	CBR del material granular CBRg, %					
		5	10	15	20	30	50
		Espesor del material granular hg (mm)					
	7.0	—	—	—	700	500	350
	10	—	—	—	550	350	—
20	0.5	—	—	—	—	850	700
	1.0	—	—	—	—	850	700
	1.5	—	—	—	—	800	650
	2.0	—	—	—	—	800	650
	3.0	—	—	—	—	800	600
	4.0	—	—	—	—	750	550
	5.0	—	—	—	—	750	550
	7.0	—	—	—	—	700	500
	10	—	—	—	—	600	400

En caso de utilizar estabilización química de suelos/materiales, es posible utilizar la Tabla 1 para definir el CBR equivalente (CBRe), con el CBR de la capa estabilizada haciendo las veces del CBR del granular (CBRg).

Una vez definido el CBR de la subrasante (CBRs) o el de la subrasante equivalente (CBRe), se procede al uso de las Cartas de diseño, ingresando con la propiedad mecánica de la subrasante, catalogada como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Capacidad de soporte de la subrasante

Subrasante	Propiedades mecánicas	
	CBR (%)	Módulo (MPa)
1	3	35
2	5	50
3	7	60
4	10	75
5	15	100
6	20	120

TRÁNSITO

Para los pavimentos asfálticos, el efecto del tránsito puede ser analizado en términos de ejes equivalentes – NESE. Para los pavimentos de concreto, se debe realizar por grupos de ejes y cargas.

PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño, en el caso de los pavimentos de bajo nivel de tránsito, se encuentra definido a continuación:

- Pavimentos asfálticos: periodo de diseño de 10 años

- Pavimentos de concreto: periodo de diseño de 20 años

DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Mecanismo de falla

Dado que la fatiga inducida por carga es poco frecuente en pavimentos de bajo tránsito, este mecanismo de deterioro no se considera determinante en el diseño estructural. Es el ahuellamiento el mecanismo de falla considerado para la obtención de los espesores.

Las funciones de transferencia utilizadas para el control del ahuellamiento son las siguientes:

- Deformación de compresión en la subrasante (Shell, 1986):

$$\varepsilon_v = 0.021 \cdot N^{-0.25}$$

Donde:
ε_v: deformación admisible por compresión
N: repeticiones de carga

- Esfuerzo de compresión en la subrasante (Heukelom y Klomp, 1962):

$$\sigma_z = \frac{0.007 \cdot E_s}{1 + 0.7 \cdot logN}$$

Donde:
σz: esfuerzo máximo de compresión sobre la subrasante, MPa
Es: módulo de la subrasante, MPa
N: repeticiones de carga

Materiales

Los materiales para considerar en diseño estructural del pavimento se encuentran enunciados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del presente documento.

Recubrimientos asfálticos

Para los pavimentos asfálticos de bajo volumen de tránsito, se considera recubrimientos asfálticos del tipo tratamiento superficial y lechadas asfálticas, especificados en su calidad por los Artículos 430 y 433 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – EGCC.

En caso de utilizar mezcla asfáltica como rodadura, es deseable que las mezclas sean menos permeables (menor contenido de vacíos) y más durables, debido a la menor probabilidad de compactación adicional después de la construcción y la prevalencia de mecanismos de falla asociados con el envejecimiento del ligante, más que con las cargas de los vehículos.

Materiales intermedios (Ligados o No Ligados)

La propiedad mecánica requerida para el diseño es la capacidad de soporte – CBR.

Como alternativas para pavimentos de carreteras con bajo volumen de tránsito y ambientes secos, pueden ser utilizados materiales no convencionales. Antes de su uso, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Historial documentado de desempeño del material propuesto
- Costos de ciclo de vida frente a los materiales estándar
- Proyecciones de tránsito durante el período de diseño
- Condiciones climáticas locales y sensibilidad a la humedad
- Calidad y uniformidad verificadas mediante ensayos de laboratorio
- Riesgos y consecuencias de un desempeño deficiente

En general, los materiales marginales presentan menor rigidez y durabilidad, y mayor sensibilidad a la humedad, con respecto a los materiales granulares estándar. Para su utilización, es necesaria asesoría especializada de parte de los proveedores en la selección de procedimientos adecuados de caracterización de laboratorio y métodos constructivos.

Para el material superficial (ligado o no ligado) se recomienda un mínimo de 100 mm de espesor y un CBR mínimo de 80 %.

Módulo de los materiales intermedios

El módulo asignado a una capa no debe superar aproximadamente tres veces el módulo de la capa de soporte, con el fin de evitar la descompactación de la misma. Este criterio permite garantizar una mejor estabilidad estructural, evitando deformaciones prematuras y preservando la capacidad portante del sistema de pavimento.

Para estimar el módulo máximo de un material intermedio, se utiliza la ecuación de Barker y Brabston (Tabla 3)

$$E_{máx} = E_s \cdot \left[1 + 10.52 \cdot log\left(h_g\right) - 2.1 \cdot log(E_s) \cdot log\left(h_g\right)\right]$$

Donde:
$E_{máx}$: módulo máximo del granular, psi
E_s: módulo de la subrasante, psi
h_g: espesor del material granular, in
1 in= 25.4 mm; 1 psi= 0.007 MPa

Tabla 3. Módulo máximo de los materiales intermedios

Módulo de la subrasante (MPa)	Espesor del material intermedio (mm)				
	100	200	300	400	500
	Módulo máximo Emáx (MPa)				
35	90	120	140	150	160
50	120	160	180	190	210
60	140	180	200	220	230
75	170	210	240	260	270
100	210	260	290	310	330
120	240	290	330	350	370

El módulo de los granulares depende de las características propias del material, del nivel de esfuerzos al que está sometido y, en menor proporción, del módulo de las capas subyacentes. Como consecuencia, el módulo tiende a disminuir con la profundidad, en un grado influenciado directamente por el módulo de la subrasante.

Para el caso de los bajos volúmenes de tránsito, se utiliza la relación modular de las capas subyacentes, con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$R = \left[\frac{E_{máx}}{E_s}\right]^{1/5}$$

Donde:
$E_{máx}$: módulo máximo del granular, MPa
E_s: módulo de la subrasante, MPa

Con este método, el espesor total de los materiales intermedios se divide en cinco (5) subcapas y el módulo de cada subcapa se calcula a partir del módulo de la capa subyacente, comenzando con la subrasante hasta llegar a la capa más superficial. Esta subdivisión es necesaria por lo inconveniente de utilizar un único módulo para capas granulares gruesas.

A continuación, se presenta un esquema donde se ilustra el uso de los materiales recomendados para el diseño de las estructuras de pavimentos, según lo expresado en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**., y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

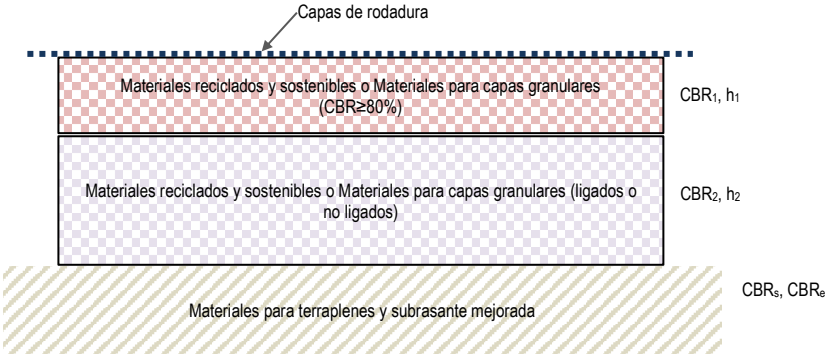


Figura 1. Esquema general para el uso de materiales para el diseño de estructura de pavimento de bajos volúmenes de tránsito.

Cartas de diseño – Pavimentos con recubrimiento asfáltico

Se considera dos alternativas para los pavimentos asfálticos de bajo volumen de tránsito: con recubrimiento asfáltico o con rodadura asfáltica delgada. La primera de ellas se ilustra en la Figura 2.

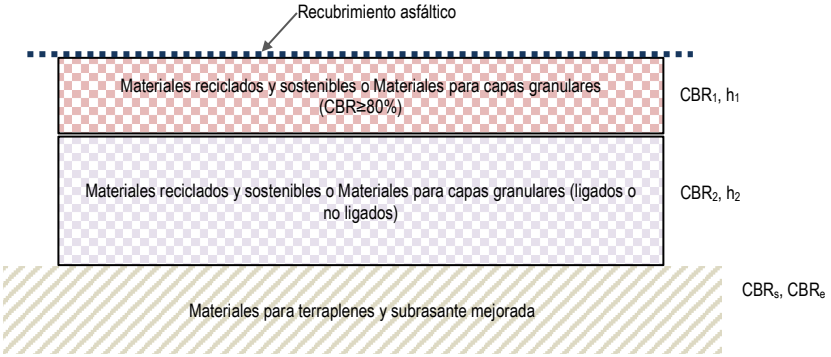


Figura 2. Alternativa de pavimento con recubrimiento asfáltico

Los recubrimientos asfálticos incluidos en las EGCC son:

- Artículo 430: Tratamientos superficiales
- Artículo 433: Lechada asfáltica

La Figura 3 Figura 3 representa la Carta de diseño para la obtención de los espesores de material granular para la alternativa con recubrimiento asfáltico (tratamiento superficial o lechada asfáltica).

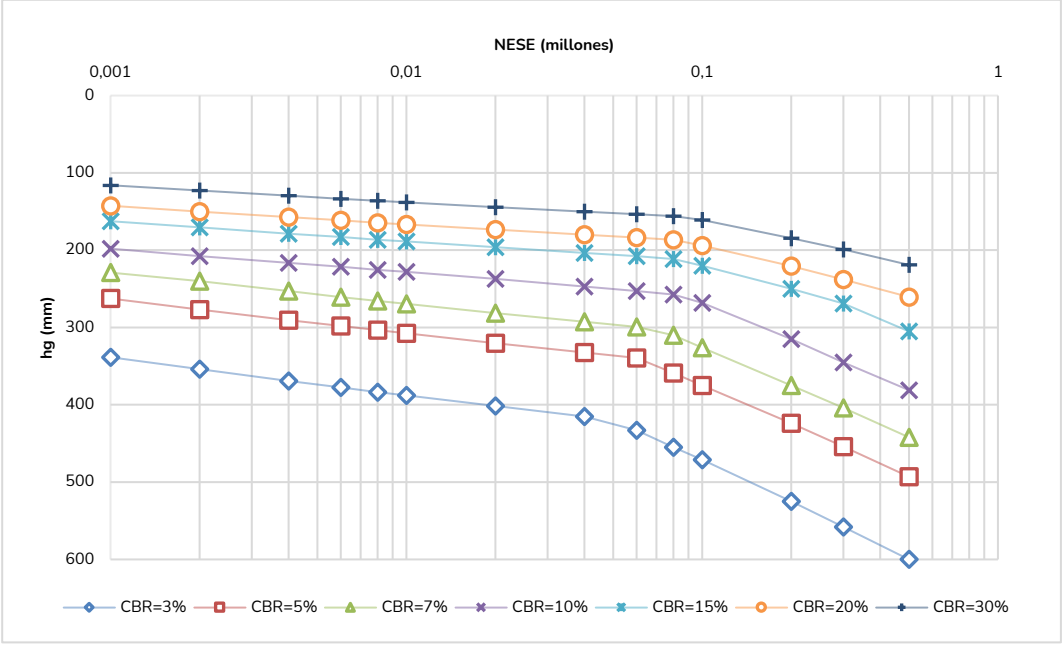


Figura 3. Carta de diseño – Pavimento asfáltico con recubrimiento

La Carta permite utilizar más de un granular, buscando aprovechar materiales existentes o disponibles en la zona con menores propiedades que las de los granulares no ligados de especificación. En cualquier caso, el granular más superficial debe garantizar un CBR≥ 80 %.

A manera de ejemplo, para un NESE de 0.2 millones, proyectados durante el periodo de diseño, y una subrasante de CBRs= 3 %, se tiene un espesor de granulares de 530 mm. En caso de contar con un granular (CBR= 30 %) y relleno (CBR= 10 %), el espesor total de granular se divide como sigue y la estructura sería:

- Recubrimiento asfáltico (Tratamiento superficial o Lechada asfáltica)
- 530 mm de espesor total de granular, divididos como (Figura 4):
  -180 mm de base granular, CBR≥ 80 %
  -140 mm de subbase granular, CBR≥ 30 %
  -200 mm de relleno, CBR≥ 10 %

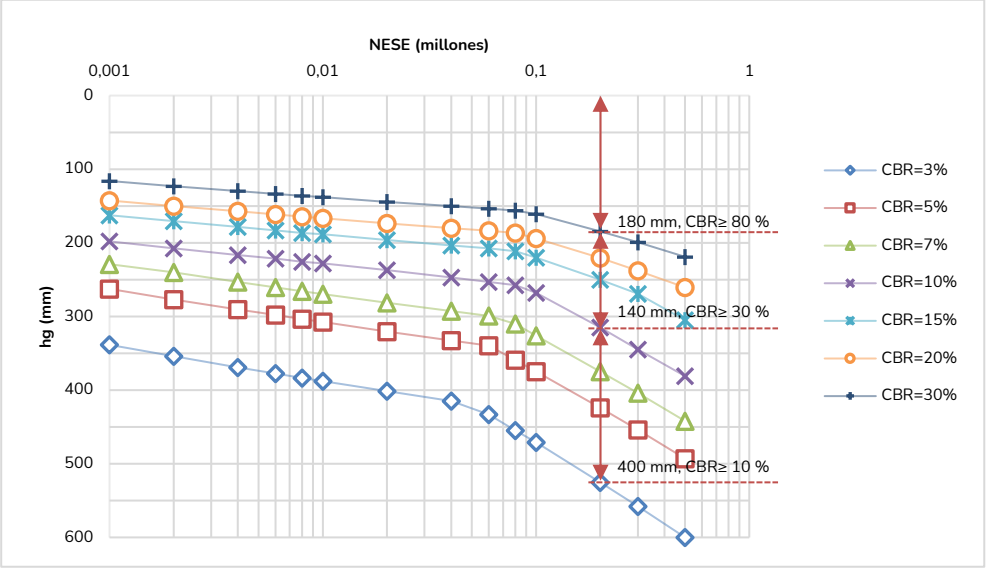


Figura 4. Ejemplo de división del granular con recubrimiento asfáltico

Cartas de diseño – Pavimentos con rodadura asfáltica delgada

Como alternativa a los recubrimientos asfálticos del Numeral 0, el Manual considera una capa de rodadura delgada de 40 mm con mezcla densa en caliente de tipo MDC-19, espesor acorde con el mínimo definido en las EGCC en función del tamaño máximo nominal (Figura 5).

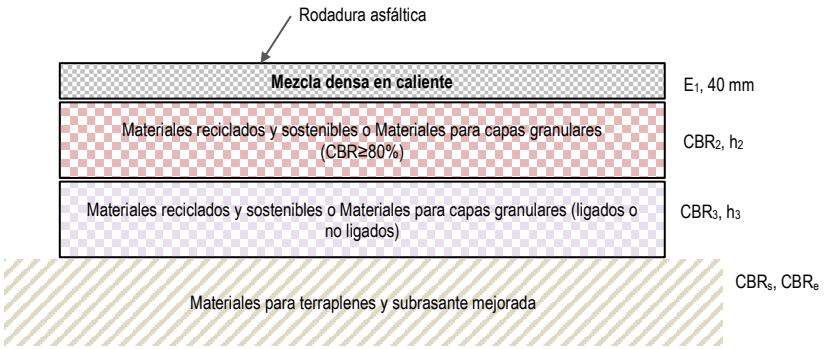


Figura 5. Alternativa de pavimento con rodadura asfáltica delgada

Para las capas asfálticas, se utilizó el módulo de mezcla densa en caliente acorde con los valores de referencia, la temperatura media ponderada del aire y frecuencia de 5 Hz; esto es, una velocidad de diseño de 30 km/h (Tabla 4).

Tabla 4. Módulos de mezcla asfáltica para pavimentos asfálticos

Temperatura media del aire (°C)	**Temperatura de servicio en el pavimento (°C)**	**Módulo de la mezcla f=5 Hz (MPa)**
27	40	1,000

La Figura 6 corresponde a la carta de diseño para la obtención de los espesores de Los materiales intermedios (ligados o no ligados) bajo los 40 mm de mezcla asfáltica de rodadura.

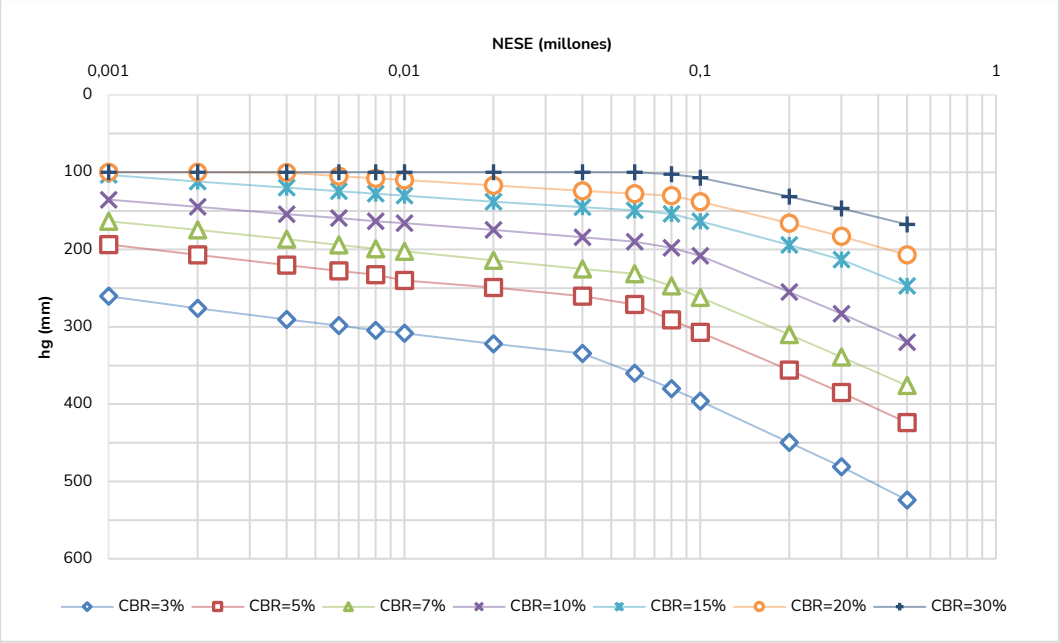


Figura 6. Carta de diseño – Pavimento asfáltico con rodadura delgada (Ta= 27 °C)

Las Cartas permiten utilizar más de un material, buscando aprovechar materiales existentes o disponibles en la zona con menores propiedades que las de los granulares no ligados de especificación. En cualquier caso, el granular más superficial debe garantizar CBR≥ 80 %.

Para los datos del ejemplo del Numeral 0 y una temperatura media del aire de 27 °C (40 °C de temperatura de servicio en el pavimento), una alternativa de estructura con rodadura asfáltica delgada sería:

- 40 mm de mezcla densa en caliente
- 450 mm de espesor total de granular, divididos como (Figura 7):
  -130 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 80 %
  -120 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 30 %
  -200 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 10 %

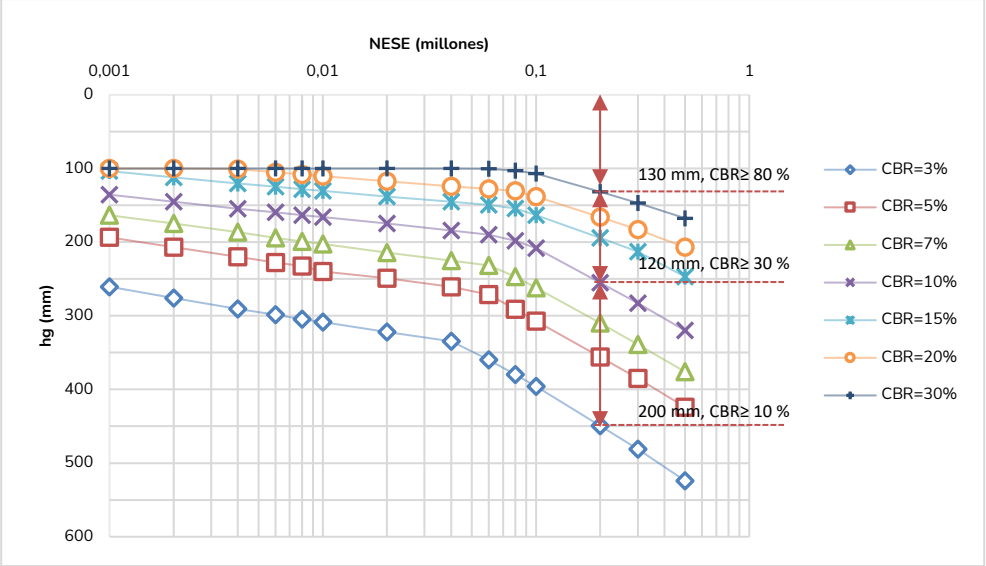


Figura 7. Ejemplo de división del granular con rodadura asfáltica delgada

DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

En el caso de los pavimentos de concreto de bajo volumen de tránsito, el Manual considera losas de concreto apoyadas sobre granulares no ligados, con las propiedades de calidad y procesos constructivos definidos en el Artículo 500 de las EGCC.

Mecanismo de falla

Cuando se trata de carreteras de bajo volumen de tránsito, el daño por erosión puede ser ignorado en el diseño; es decir, únicamente se considera el agrietamiento por fatiga.

Concreto hidráulico

La resistencia a la flexión mínima establecida en función del nivel de tránsito en el Artículo 500 de las EGCC para el concreto para pavimentos, corresponde a un módulo de rotura de 3.8 MPa.

Material de soporte

Se contempla materiales no ligados como subbase de los pavimentos para NT1. El uso de materiales ligados únicamente aplicaría en caso de que se pretenda aprovechar materiales del sitio y compensar cierta debilidad en sus agregados con la incorporación del algún tipo de ligante.

Para el diseño de los pavimentos de concreto destinados a bajos volúmenes de tránsito, se ignora el concepto de módulo de reacción compuesto y se dimensiona la losa sobre la propiedad mecánica de la subrasante (CBRs, Es–Ee o ks).

El material de soporte de la losa tendrá un espesor de 150 mm.

Soporte lateral

El soporte lateral de la losa debe ser especialmente analizado, considerando para ello:

- Con ancho de carril igual o menor que 3.65 m, o bermas pavimentadas en concreto asfáltico, no debe ser considerando el efecto del soporte lateral.
- El soporte lateral puede ser considerado en alguna de las tres condiciones siguientes:
  -Losa del ancho del carril más berma de 1.5 m de ancho, en concreto y anclada;
  -Losa del ancho del carril más 0.60 m (2 ft);
  -Bordillos construidos con concreto de resistencia consistente con la del pavimento, amarrados a la losa y con junta corrugada para transferencia de carga.

Diseño de juntas

En el caso de los pavimentos de concreto para bajos volúmenes de tránsito, el diseño debe asegurar un sistema que controle la fisuración y proporcione una adecuada transferencia de carga entre ellas, aplicando las siguientes especificaciones:

- La separación máxima entre juntas transversales debe obedecer al criterio de radio de rigidez relativa (Figura 8).
- De ser posible, las losas pueden ser construidas aproximadamente cuadradas, buscando así menores aberturas de junta y mayor transferencia de cargas por transferencia de agregados en las juntas transversales.
- La junta de contracción se forma mediante corte con sierra, hasta una profundidad de un cuarto del espesor de la losa.
- Generalmente, las juntas longitudinales coinciden con el ancho de los carriles (entre de entre 3.00 y 3.65 m. Este tipo de juntas requiere barras de amarre para mantener la junta cerrada y potenciar la transferencia de carga por trabazón de agregados.
- El diseño de las juntas (modulación) debe ser compatible con la geometría de la carretera, la longitud de la losa, el tipo de junta, el método de construcción y la programación de obra.
- La aplicación de adecuadas técnicas de construcción asegura que las juntas se comporten apropiadamente y aporten al desempeño adecuado del pavimento.

Espaciamiento

La Figura 8 muestra los espaciamientos máximos entre juntas a ser tenidos en cuenta en el diseño de la modulación de las losas para la construcción del pavimento.

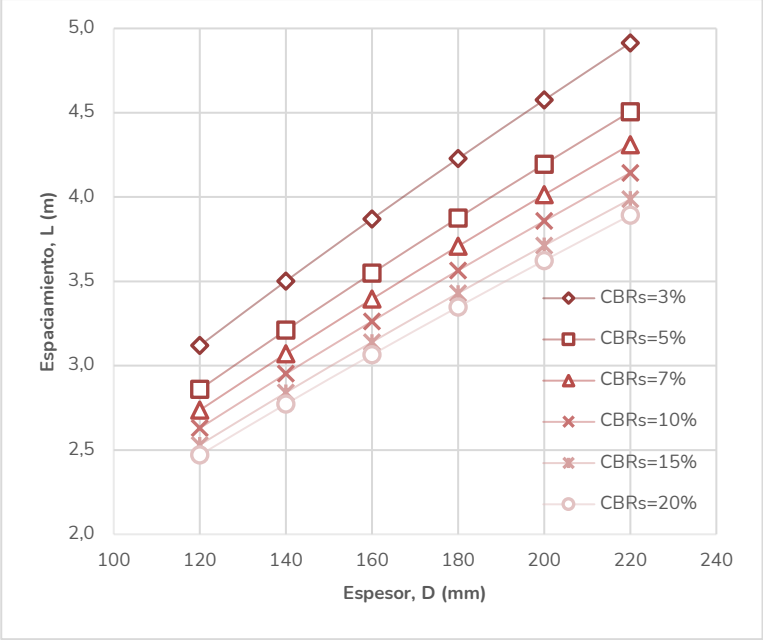


Figura 8. Espaciamiento máximo entre juntas transversales

De ser necesario, si el ancho de la losa excede el ancho del carril, deberá analizarse con criterios constructivos y económicos las alternativas posibles: construir dos losas por carril –lo que conlleva doble barra de amarre por el aumento de juntas longitudinales– o el refuerzo de las losas.

Juntas longitudinales y barras de amarre

La Tabla 5 presenta las dimensiones de las barras para una calzada de dos carriles, carril de 3.65 m de ancho y aceros con límite de fluencia de 420 y 280 MPa (60,000 y 40,000 psi).

Tabla 5. Dimensiones de las barras de amarre

Espesor (mm)	Dimensiones de las barras (mm)							
	fy= 420 MPa (60,000 psi)				fy= 280 MPa (40,000 psi)			
	Barras 10 mm (3/8")		Barras 13 mm (1/2")		Barras 10 mm (3/8")		Barras 13 mm (1/2")	
	Longitud	Separación	Longitud	Separación	Longitud	Separación	Longitud	Separación
120	600	1,250	800	2,250	450	850	550	1,500
150	600	1,000	800	1,750	450	650	550	1,200
180	600	850	800	1,500	450	550	550	1,000
200	600	750	800	1,350	450	500	550	900
220	600	700	800	1,250	450	450	550	800

Cartas de diseño

El diseño de pavimentos de concreto para bajos volúmenes de tránsito únicamente tiene en cuenta el agrietamiento por fatiga como mecanismo de falla. Por lo tanto, los criterios de diseño de la losa se reducen a la propiedad mecánica de la subrasante (CBRs), el número de ejes equivalentes de 80 kN y el tipo de soporte lateral: con soporte (Figura 9) o sin soporte (Figura 10).

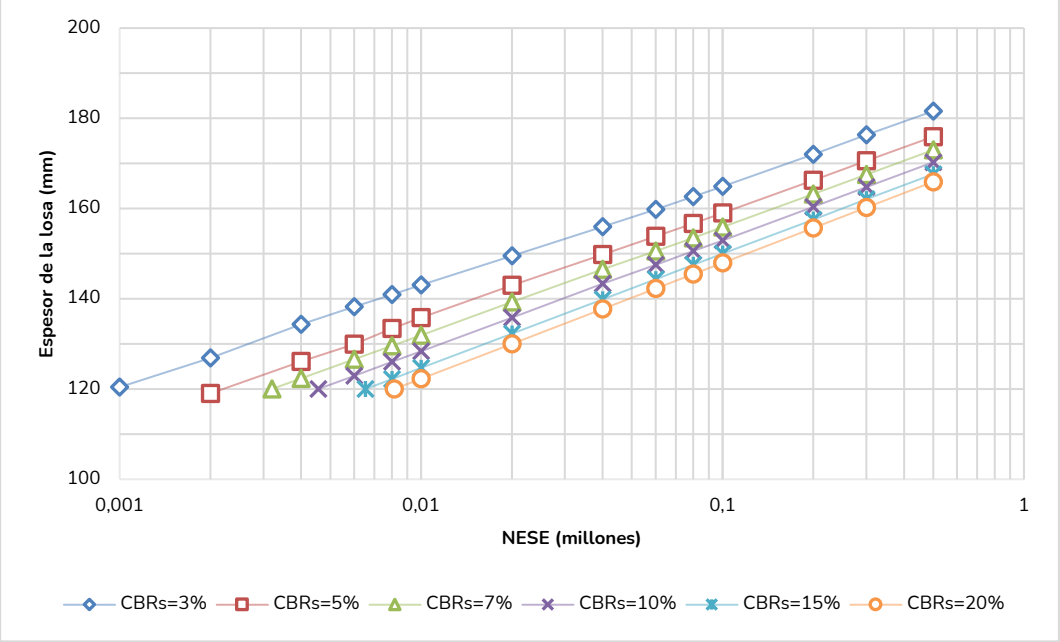


Figura 9. Carta de diseño – Pavimento de concreto con soporte lateral

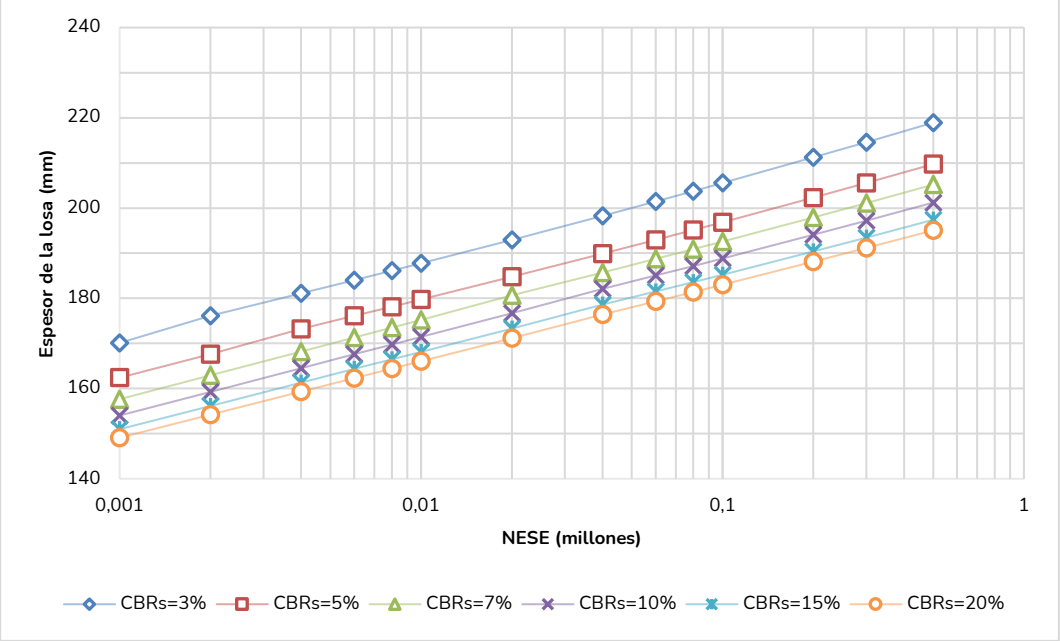


Figura 10. Carta de diseño para NT1 – Pavimento de concreto sin soporte lateral

Los criterios para tener en cuenta para decidir entre la condición con o sin soporte lateral, se encuentran en el Numeral 0.

Por ejemplo, para un NESE de 0.2 millones, proyectados durante el periodo de diseño, una subrasante de CBRs= 3 % y la condición sin soporte lateral, la estructura de pavimento de concreto será:

- 190 mm de concreto MR= 3.8 MPa (Figura 10)
- 150 mm de granular (ligado o no ligado), CBR≥ 80 %

8.